

Месячная стоимость работы солнечной сушилки, руб./мес:

$$S = N \cdot S_e + \frac{F \cdot S_s}{T \cdot t} = 720 \cdot 3,5 + \frac{522,4 \cdot 3000}{10 \cdot 7} = 2520 + 22388 = 24908$$

Таким образом, солнечная сушилка экономичнее сушильной камеры более чем в 3 раза. Особенный интерес вызывает использование солнечных сушилок в отдаленных местах, где недоступно энергообеспечение от электрической сети.

Список использованных источников

1. Автономная животноводческая ферма для пустынных зон с разреженной растительностью: пат. на полезную модель 2057437 РФ / Бабаев А. Г., Мурадов Ч. О., Сейиткурбанов С.; опубл. 10.04.1996.
2. Сушильная камера [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mrmz.ru/> (Дата обращения 13.11.2015).
3. Пособие по проектированию и расчету гелиосистем [Электронный ресурс]. URL: <http://esco-ecosys.narod.ru/> (Дата обращения 14.11.2015).

УДК 669.72

Токарев В. С, Тихонов А. В.
Магнитогорский государственный технический университет
Immortalis.animus@ya.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА СУШКИ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА

Аннотация. В статье рассмотрена целесообразность использования древесных отходов в качестве топлива. Также проведено теоретическое исследование об эффективности процесса сушки древесного топлива методом сравнения энергетических затрат на сушку с увеличением теплотворной способности сухого топлива.

Наиболее востребованным способом утилизации древесных отходов в стране, чья немалая часть находится в зоне холодного климата, является сжигание с целью получения тепловой энергии. И речь идёт не столько об экономической составляющей, сколько об экологической безопасности, как самого предприятия, так и всей планеты в целом, так как древесина, по сравнению с нефтью и углём является экологически чистым топливом.

Важной особенностью древесного топлива является отсутствие в нем серы и фосфора. Как известно, основной потерей тепла в любом котлоагрегате является потеря тепловой энергии с уходящими газами. Величина этой потери определяется температурой отходящих газов. Эта температура при сжигании топлив, содержащих серу, во избежание серноокислотной коррозии хвостовых поверхностей нагрева поддерживается не ниже 200...250 °С. При сжигании же древесных

отходов, не содержащих серу, эта температура может быть понижена до 100...120 °С, что позволит существенно повысить КПД котлоагрегатов.

Однако наряду с этим положительным свойством древесина имеет особенности, отрицательно влияющие на работу котлоагрегатов. К таким особенностям, в частности, относится способность поглощения влаги, т. е. увеличение влажности во влажной среде. С ростом влажности существенно падает низшая теплота сгорания, растет расход топлива, затрудняется горение, что требует принятия специальных конструктивных решений в котельно-топочном оборудовании [1].

Для оценки рациональности использования щепы и опилок в качестве топлива в табл. 1 сведены единицы тепла, полученного при сжигании различных видов топлива.

Как видно из таблицы, наименьшая стоимость единицы тепла у природного газа. Однако газификация удаленных населенных пунктов требует высоких капитальных затрат. В случае отсутствия в населенном пункте газопровода и наличием деревообрабатывающего предприятия, наиболее дешевым топливом будут опилки (щепа).

Таблица 1

Стоимость различных видов топлива

Вид топлива	Низшая теплота сгорания, кДж/кг (кДж/м³)	КПД котлоагрегата, %	Средняя цена, руб./т (руб./м³)	Цена за единицу тепла (топливная составляющая), руб./ГДж.
Природный газ	35000	90	3,8	0,1
Опилки (щепа)	9000	80	500	44,4
Уголь	29300	85	2500	72,5
Пеллеты	16800	80	2500	119
Дрова	13000	70	2500	134,6
Торф	8000	70	2000	175
Мазут	38300	85	9200	204,2
Дизтопливо	42500	85	16800	336

Произведем расчет требуемого расхода топлива для котлоагрегатов мощностью от 1 до 4 МВт. В качестве исходных данных для расчета состава древесных отходов на рабочую массу и теплоты сгорания используем усредненные значения по составу древесины различных пород (табл. 2) [2].

Таблица 2

Состав различного вида древесного топлива

Порода	Состав топлива на рабочую массу.					
	C ^p	H ^p	O ^p	N ^p	A ^p	W ^p
Дуб	25,57	3,15	21,13	0,65	4,5	45
Бук	25,7	3,07	21,27	0,47	3,5	46
Береза	25,94	3,19	21,55	0,57	4,75	44
Ива	24,56	2,94	19,49	0,47	4,55	48
Осина	25,41	3,19	21,41	0,49	4,5	45
Ель	25,95	3,09	20,99	0,47	3,5	46
Среднее значение	25,52	3,11	20,97	0,52	4,22	45,67

Низшая теплота сгорания топлива определяется из выражения:

$$Q_H^p = 4,19 \cdot (86 \cdot C^p + 246 \cdot H^p - 26 \cdot O^p - 6 \cdot W^p) \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (1)$$

Построим зависимость низшей теплоты сгорания древесного топлива от его влажности (рис. 1).

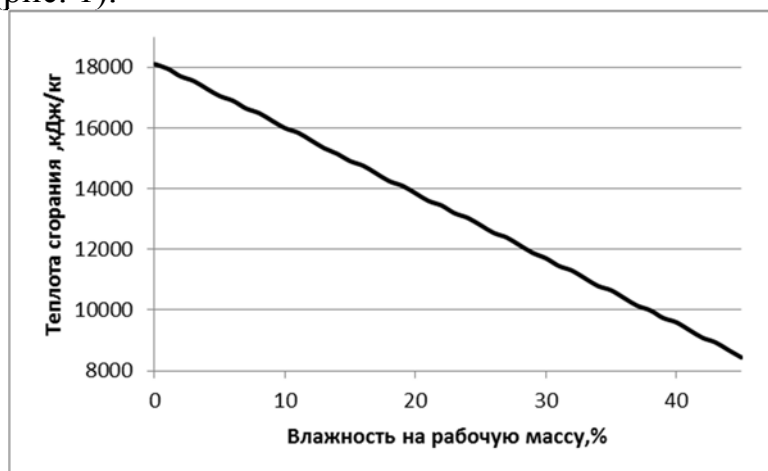


Рис. 1. Зависимость теплоты сгорания древесного топлива от влажности

Как видно из рис. 1, при подсушивании древесных отходов на 10 % теплота сгорания увеличивается в среднем на 2142,2 кДж/кг.

Определим зависимость расхода топлива от его влажности при различных тепловых нагрузках (рис.2). Расход топлива определяется из выражения:

$$B_T = \frac{Q_K}{Q_H^p \cdot \eta_K} \quad (2)$$

где Q_K — тепловая нагрузка котлоагрегата, Вт;

η_K — тепловой КПД котлоагрегата, принимаем равным 85 %.

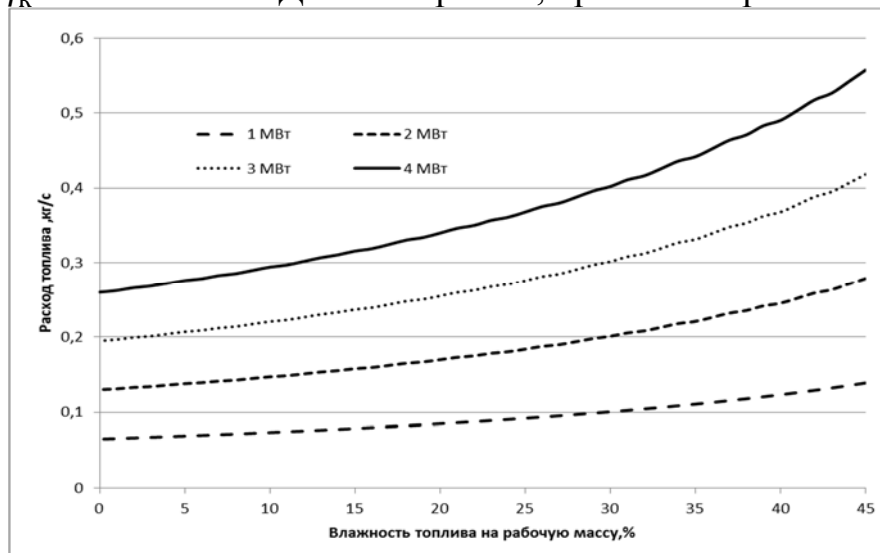


Рис. 2. Зависимость расхода топлива от влажности при различных мощностях котлов

Очевидно, что расход топлива снижается с уменьшением влажности. На основании этого рассмотрим целесообразность сушки. Предполагается, что сушка будет производиться в сушильном аппарате, использующим в качестве сушильного агента смесь воздуха и дымовых газов, полученных при сжигании влажных опилок. Таким образом, целесообразность сушки будет доказываться

тем, что расход топлива на сушку будет меньше изменения расхода топлива в котле.

Расход влажного топлива на сушку определим из выражения [3]:

$$B_c = \frac{Q_c}{Q_p \cdot \eta_c} \quad (3)$$

где Q_c – количество тепла, необходимое для сушки, Дж;

η_c – КПД сушильного аппарата, принимаем равным 70%.

Количество тепла, необходимого для сушки:

$$Q = Q_{испар.} + Q_{нагр.} + Q_{пот.} = 1,15 \cdot (W \cdot (r_o + c_n \cdot (t_{г2} - t_{м1}))) + G_k \cdot c_m \cdot (t_{м2} - t_{м1}), \quad (4)$$

где $Q_{испар.}$ – количество тепла, затрачиваемое на испарение влаги, Дж; $Q_{нагр.}$ – количество тепла, затрачиваемого на нагрев материала, Дж; $Q_{пот.}$ – потери тепла в окружающую среду, принимаемые равными 15 % от первых двух слагаемых, Дж; W – количество удаляемой влаги, кг; r_o – удельная теплота парообразования, 2439 кДж/кг; c_n – теплоемкость пара, равная 1,97 кДж/(кг·°C); $t_{г2}$ – температура смеси дыма и воздуха на выходе из сушильной камеры, 120 °C; $t_{м1}$ – температура опилок на входе в сушильную камеру, 0 °C; G_k – расход сухих опилок, принимаем равным 1 кг; c_m – теплоемкость опилок, равная 0,3 кДж/(кг·°C); $t_{м2}$ – температура опилок на выходе из сушильной камеры, 65 °C; $t_{м1}$ – температура опилок на входе в сушильную камеру, 0 °C;

Производительность сушилки по сырому материалу:

$$G_n = G_k \cdot \frac{100 - w_k}{100 - w_h}, \quad (5)$$

где w_k – конечная влажность топлива;

w_h – начальная влажность топлива, равная 45 %;

G_k – расход сухих опилок, принимаем равным 1 кг.;

G_n – количество влажных опилок, которых необходимо подать в сушилку, чтобы получить 1 кг сухих.

Количество удаляемой влаги:

$$W = G_n - G_k \quad (6)$$

Определив расход топлива на сушку, определим снижение расхода топлива в котлоагрегате при различных нагрузках при сушке топлива до w_k :

$$\Delta B_T = B_T^{вл} - B_T^{сух} = \frac{Q_k}{Q_{нвл}^p \cdot \eta_k} - \frac{Q_k}{Q_{нсх}^p \cdot \eta_k} \quad (7)$$

где $Q_{нвл}^p$ – низшая теплота сгорания влажного топлива, кДж/кг;

$Q_{нсх}^p$ – низшая теплота сгорания топлива после сушки, кДж/кг.

Построим на одном графике зависимости $\Delta B_T = f(w_k)$ для различных тепловых нагрузок и $B_c = f(w_k)$ (рис.3).

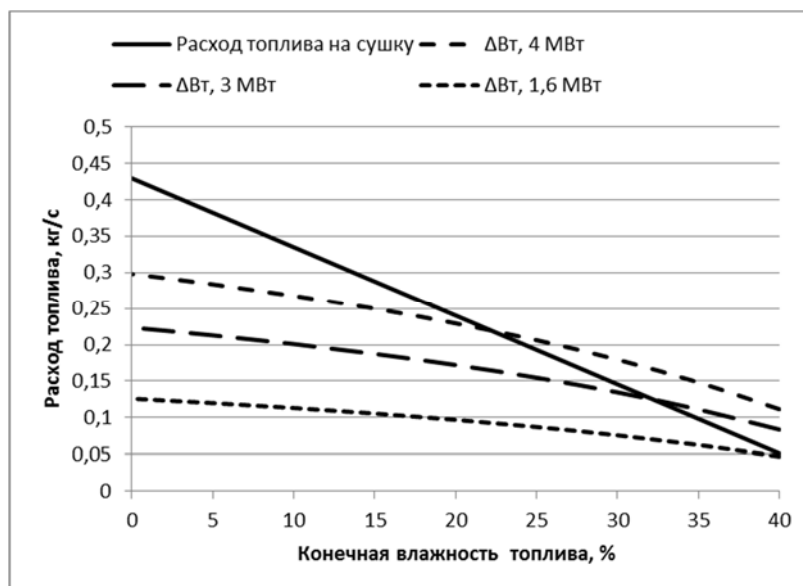


Рис. 3. Зависимость расхода топлива на сушку и снижение расхода топлива в котлоагрегате от конечной влажности топлива

Из рисунка видно, что линия расхода топлива на сушку (сплошная линия) является «границей эффективности» сушки. Сушка является эффективной в случае, когда снижение расхода топлива больше расхода топлива на сушку. Например, для тепловой нагрузки 4 МВт, целесообразно производить сушку древесного топлива до уровня примерно 23 %, для 3 МВт – 32 %. В то время как для тепловой нагрузки 1,6 МВт сушка вообще не целесообразна.

Список использованных источников:

1. Оценка теплотехнических характеристик отходов деревообрабатывающей промышленности в качестве энергетического топлива // Энергетики и металлургии настоящему и будущему России: материалы 16-й Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и специалистов / под общ. ред. Е. Б. Агапитова. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2015. С. 155-161.
2. Никитин Н. И. Химия древесины и целлюлозы, Москва-Ленинград, АН СССР, Институт высокомолекулярных соединений. 1962. 711 с.
3. Лыков А. В. Теория сушки. М. : Энергия, 1968. 472 с.

УДК 620.9

Федорова Ю. С., Турушкина Н. Ю., Микула В. А.
Уральский федеральный университет
julik10950@mail.ru

МИНИ-ТЭС ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Аннотация. В работе рассмотрены преимущества малой распределенной энергетики перед «большой» энергетикой – ТЭС. Так же были проанализированы тенденции развития производства тепловой энергии в России, перспективы